



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 42 26 798 A 1

(51) Int. Cl. 5:  
**F01 L 1/04**  
F 01 L 1/26  
F 01 L 1/34

DE 42 26 798 A 1

(21) Aktenzeichen: P 42 26 798.6  
(22) Anmeldetag: 13. 8. 92  
(23) Offenlegungstag: 24. 2. 94

(71) Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

(72) Erfinder:  
Oehling, Karl-Heinz, 8000 München, DE; Unger,  
Harald, 8000 München, DE; Teichmann, Rüdiger, Dr.,  
8919 Pflaumdorf, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Hubkolben-Brennkraftmaschine mit zwei Gaswechselventilen je Zylinder

(57) Beispielsweise die beiden Einlaßventile eines Brennkraftmaschinen-Zylinders werden von zwei Nocken betätigt, die bezüglich Ihres Phasenwinkels gegeneinander verstellbar sind. Zusätzlich ist die Phasenlage beider Nocken gegenüber der Brennkraftmaschinen-Kurbelwelle veränderbar. Durch das sog. variable Nocken-Phasing sowie die variable Spiegelung lässt sich die Ladungswechseldynamik der Brennkraftmaschine optimal abstimmen. Angegeben ist eine vorteilhafte konstruktive Ausführungsform mit einem einzigen zumindest zwei Schrägverzahnungen aufweisenden, längs verschiebbaren Stellbolzen, durch dessen Verschiebungsbewegung sowohl die Phasenlage beider Nocken als auch deren gegenseitiger Phasenwinkel verändert wird.

DE 42 26 798 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 83 308 068/36

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Hubkolben-Brennkraftmaschine mit zumindest zwei insbesondere parallel wirkenden Gaswechselventilen je Zylinder, die von relativ zueinander verstellbaren Nocken betätigt werden.

Bei den Gaswechselventilen kann es sich dabei um die Einlaßventile und/oder Auslaßventile eines Brennkraftmaschinen-Zylinders handeln. Eine Nockenwelle, bei der beispielsweise die beiden Nocken zweier Zylinder-Einlaßventile, die sozusagen parallel wirksam sind, gegeneinander verdreht werden können, ist aus der WO 91/10047 bekannt. Mit Hilfe dieses sog. Nockenphasings, bei dem somit der Phasenwinkel zwischen den beiden Nocken verändert werden kann, läßt sich die Gaswechseldynamik einer Hubkolben-Brennkraftmaschine in vielfältiger Weise beeinflussen. So wird bei Vorhandensein eines gewissen Phasenwinkels die gesamte Ventilöffnungszeit verlängert, zugleich ergibt sich durch einen derartigen Phasenwinkel der Effekt, daß eines der parallel wirksamen Gaswechselventile vor dem anderen öffnet, so daß im Falle von parallel wirksamen Einlaßventilen im Brennraum ein gewünschter Einströmdrall erzeugt werden kann. Die bereits angesprochene Veränderung der Gesamtöffnungszeit hingegen macht sich insbesondere bei parallel wirksamen Auslaßventilen bemerkbar, da hierdurch aufgrund der sog. Ventilüberschneidung, d. h. der zeitlichen Überdeckung mit dem Öffnen der Einlaßventile, eine wirkungsvolle Restgassteuerung möglich ist. Es kann nämlich zur Erzielung geringer Schadstoffemissionen erwünscht sein, im Sinne einer internen Abgasrückführung betriebspunktabhängig unterschiedlich große Anteile von verbranntem Restgas aus dem vorangegangenen Verbrennungstakt während des folgenden Verbrennungstaktes im Brennraum zu belassen.

Die aus der bereits genannten WO 91/10047 bekannte Nockenwelle kann aber beispielsweise auch je Zylinder einen Einlaßnocken und einen Auslaßnocken tragen, d. h. ein Einlaßventil und ein Auslaßventil betätigen. Dann kann mit dieser bekannten Nockenwelle beispielsweise der Öffnungszeitpunkt des Einlaßventiles verändert werden, während der Öffnungszeitpunkt des Auslaßventiles konstant gehalten wird. Dabei verändert sich neben dem Phasenwinkel zwischen den beiden Nocken auch die sog. Spreizung des beispielsweise Einlaß-Nockens, d. h. die Phasenlage dieses Einlaß-Nockens gegenüber einer mit dem Hubkolben zusammenwirkenden Kurbelwelle. Die Phasenlage des Auslaßventiles bleibt dabei jedoch verändert.

Weitere Möglichkeiten aufzuzeigen, mit Hilfe derer der Gaswechsel bzw. Ladungswechsel einer Brennkraftmaschine noch besser auf die jeweiligen Anforderungen hin abgestimmt werden kann, ist Aufgabe der vorliegenden Erfundung.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist vorgesehen, daß neben dem Phasenwinkel zwischen den Nocken auch die Phasenlage, d. h. die sog. Spreizung, zwischen sämtlichen insbesondere parallel wirkenden Nocken sowie der mit dem Hubkolben zusammenwirkenden Kurbelwelle veränderbar ist. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfundung beschreiben die Unteransprüche.

Erfundungsgemäß ist nicht nur der Phasenwinkel beispielsweise zwischen einem ersten und einem zweiten Einlaßnocken oder Auslaßnocken der Brennkraftmaschine verstellbar, sondern darüber hinaus ist auch die Phasenlage des ersten Nockens und des zweiten Nockens bezüglich des Bewegungsablaufes des Hubkolbens

bzw. bezüglich der damit gekoppelten Drehwinkellage der Brennkraftmaschinen-Kurbelwelle veränderbar. Zwar ist auch die letztgenannte Veränderung der Phasenlage von ein oder zwei Gaswechselventilen bezüglich einer Kurbelwelle an sich bekannt, jedoch ergeben sich durch die erfundungsgemäße Kombination sowohl der Phasenlagenveränderung aller Gaswechselventile als auch der Phasenwinkelveränderung zwischen allen Gaswechselventilen je Zylinder ungewohnte Möglichkeiten, die Ladungswechseldynamik dieses Zylinders noch weiter zu optimieren.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Variation sowohl der Phasenlage als auch des Phasenwinkels mit Hilfe eines einzigen Stellorgans erfolgen kann, da hierdurch nicht nur der erforderliche Bauaufwand, sondern auch die benötigte Ansteuerungslogik gering gehalten werden kann. Im Zusammenhang mit parallel wirkenden Gaswechselventilen wurde erkannt, daß es zur Erzielung optimaler Ergebnisse völlig ausreichend ist, wenn ausgehend von einer geringen Spreizung sowie einem äußerst geringen Phasenwinkel mit zunehmender Spreizung, d. h. sich vergrößernder Phasenlage zwischen den Nocken sowie der Kurbelwelle zugleich der Phasenwinkel zwischen den parallel wirkenden Nocken vergrößert wird. Bevorzugt wird dabei im Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine sowie in einem vollastnahmen Bereich eine geringe Spreizung sowie ein Phasenwinkel vom Betrag 0 eingestellt. Mit abnehmender Brennkraftmaschinen-Last, d. h. zum Teillastbereich hin, wird die Spreizung vergrößert und gleichzeitig ein stets wachsender Phasenwinkel zwischen den parallel wirkenden Nocken eingestellt. Bei zwei parallel wirkenden Gaswechselventilen bedeutet dies nichts anderes, als daß die Spreizung beispielsweise des zweiten Gaswechselventiles noch weiter vergrößert wird als diejenige des ersten Gaswechselventiles. Mit diesen Maßnahmen ergibt sich somit im Vollastbetrieb sowie im vollastnahmen Bereich eine optimale Füllung mit fruhem Einlaßventilschließen und erwünschtermaßen geringem Restgasanteil. Zum Teillastbereich hin wird hingegen die Ladungsbewegung verstärkt, da das besagte Phasing zwischen den parallel wirksamen Nocken eingestellt wird und darüber hinaus werden durch Vergrößerung der Spreizung die Ventilöffnungszeitpunkte im Falle der Einlaßventile verbessert an die verringerte Gaswechseldynamik im Ansaugsystem der Brennkraftmaschine angepaßt. Werden die genannten Maßnahmen bei den Auslaßventilen der Brennkraftmaschine angewandt, so kann man im Teillastbereich eine erwünschtermaßen größere Ventilüberschneidung mit den Einlaßventilen einstellen, um einen höheren Restgasanteil im Zylinder zu belassen.

Wie bereits erwähnt ist es von besonderem Vorteil, daß lediglich ein einziges Stellorgan zur Einstellung sowohl der Phasenlage als auch der Phasenwinkel erforderlich ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist dieses Stellorgan als ein Stellbolzen ausgebildet, der auf seiner Außenseite mit Schrägverzahnungen versehen ist. Dieser Stellbolzen wirkt mit den insbesondere bei den Nockenwellen, auf denen jeweils einer der parallel wirksamen Nocken angeordnet ist, derart zusammen, daß die Schrägverzahnung des Verstellbolzens mit entsprechenden Schrägverzahnungen der Nockenwellen bzw. deren Antriebsräder kämmt, so daß der Verstellbolzen, wenn er in Längsrichtung der Nockenwellen verschoben wird, diese durch diese Verschiebungsrichtung um ihre Längsachse verdreht. Beispielsweise können die mit den Schrägverzahnungen des Stellbolzens

zusammenwirkenden Schrägverzahnungen auf den beiden Nockenwellen angeordnet sein, wobei sich die Steigungswinkel der Schrägverzahnungen zwischen den beiden Nockenwellen unterscheiden. Wird sodann der Stellbolzen um ein gewisses Maß in seiner Längsrichtung verschoben, so werden die beiden Nockenwellen um unterschiedliche Winkel gedreht, so daß neben dem Phasenwinkel zwischen zwei darauf befindlichen Nocken auch deren beider Phasenlage verändert wird. In einer anderen Ausführungsform kann eine erste Schrägverzahnung auch zwischen dem Stellbolzen sowie einem Nockenwellen-Antriebsrad und einer zweiten Schrägverzahnung zwischen dem Stellbolzen und der nicht direkt vom Nockenwellen-Antriebsrad angetriebenen (zweiten) Nockenwelle vorgesehen sein. Dabei kann zusätzlich zwischen dem Stellbolzen und der ersten Nockenwelle eine Verstellung bewirkende Schrägverzahnung vorgesehen sein.

Eine besonders kompakte Anordnung ergibt sich, wenn analog dem bekannten Stand der Technik die Nockenwellen, die die insbesondere parallel wirkenden Nocken tragen, konzentrisch zueinander angeordnet sind. In diesem Fall bietet es sich an, auch den Stellbolzen sowie das Nockenwellen-Antriebsrad konzentrisch zu den Nockenwellen anzutreiben.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel, das diese sowie weitere vorteilhafte sowie ggf. erfundungswesentliche Merkmale zeigt, wird im folgenden näher beschrieben. Dabei zeigen die Fig. 1a, 1b Ventilerhebungskurven zur Erläuterung der Begriffe des Phasenwinkels bzw. der Phasenlage/Spreizung, während in den Fig. 2a, 2b eine erfundungsgemäß gestaltete Nockenwelle inklusive des Phasenwinkel- bzw. Phasenlageänderung hervorru-fenden Stellorgans gezeigt ist.

In den Fig. 1a, 1b sind jeweils drei Ventilerhebungskurven 1, 2, 3 dreier Gaswechselventile eines Brennkraftmaschinen-Zylinders gezeigt. Die Ventilerhebungskurven 1, 2 stellen die Ventilhubverläufe zweier parallel wirkender Zylinder-Einlaßventile über der Zeitachse dar, während die Ventilerhebungskurve 3 den Hubverlauf eines Zylinder-Auslaßventiles zeigt. Mit LW-OT ist der Zeitpunkt beschrieben, in dem sich der Kolben während der Ladungswechselphase in seinem oberen Totpunkt befindet. Die Phasenlage bespielsweise des ersten Einlaßventiles mit der Erhebungskurve 1 ist durch die Strecke s gekennzeichnet, die üblicherweise auch als Spreizung bezeichnet wird. Mit dem Buchstaben p ist der Phasenwinkel bezeichnet, der zwischen den parallel wirkenden Einlaßventilen bzw. deren Erhebungskurven 1, 2 eines Zylinders vorliegt. Selbstverständlich stellt sich auch dieser Phasenwinkel p analog der Spreizung s über der Zeitachse als Strecke dar.

Fig. 1a zeigt die Verhältnisse bei Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine. Hier ist die Phasenlage bzw. Spreizung s ebenso wie der Phasenwinkel p gering. Letzterer nimmt in einer bevorzugten Ausführungsform sogar den Betrag 0 an. Erfundungsgemäß wird bei Teillastbetrieb, der in Fig. 1b dargestellt ist, die Phasenlage/Spreizung s und der Phasenwinkel p vergrößert. Mit diesen Maßnahmen ist — wie oben geschildert — eine optimale Abstimmung des Ladungswechsels der Brennkraftmaschine im Hinblick auf die unterschiedlichen Betriebszustände bzw. Betriebspunkte möglich.

Fig. 2a zeigt einen Längsschnitt durch eine Nockenwelle für zwei parallel wirkende Gaswechselventile je 65 eines Brennkraftmaschinen-Zylinders mit einem starrseitig vorgesetzten Stellorgan zur erfundungsgemäßen Veränderung von Phasenlage und Phasenwinkel der Nocken-

ken. Ein erster Nocken für ein erstes Gaswechsel- bzw. Einlaßventil ist mit 11 bezeichnet, ein zweiter Nocken zur Betätigung eines parallel wirkenden Gaswechselventiles dieses Zylinders trägt die Bezugsziffer 12. Vorhanden ist ferner ein weiterer erster Nocken 11' sowie ein weiterer zweiter Nocken 12' eines weiteren Brennkraftmaschinen-Zylinders.

Die ersten Nocken 11, 11' sind auf einer ersten Nockenwelle 10 befestigt, die wie ersichtlich aus einem Stirnteil 10a sowie einem Schaufelteil 10b zusammenge setzt ist, die starr miteinander verbunden sind. Die zweiten Nocken 12, 12' sind — wie der Querschnitt gemäß Fig. 2b durch die Nockenwelle zeigt — mittels eines Bolzens 21 auf der zweiten Nockenwelle 20 befestigt. 15 Die erste Nockenwelle 10 ist hohlyndrisch ausgebildet und kann somit die zweite als Vollwelle ausgebildete Nockenwelle 20 aufnehmen, d. h. die beiden Nockenwellen 10, 20 sind konzentrisch zueinander angeordnet. Im Bereich der Nocken 12 bzw. der Bolzen 21 sind in der äußeren ersten Nockenwelle 10 segmentförmige Aussparungen 13 vorgesehen, um einen Durchtritt des Bolzens 21 auch bei Verdrehung der inneren zweiten Nockenwelle 20 gegenüber der äußeren, ersten Nockenwelle 10 um die gemeinsame Wellenlängsachse 14 zu ermöglichen.

Teilweise innerhalb des sich topfförmig erweiternden freien Endes des Stirnteiles 10a der ersten Nockenwelle 10 ist ein Nockenwellen-Antriebsrad 15 gelagert. Dieses Antriebsrad 15 ist dabei gegenüber dem Stirnteil 10a um die Wellenachse 14 um einen gewissen Winkelbetrag verdrehbar. Somit handelt es sich bei der mit der Bezugsziffer 16 bezeichneten Schraubverbindung lediglich um eine Axialsicherung, die langlochartig ausgebildet ist und eine Verdrehung des an seinem Umfang mit Kettenzähnen 15' ausgestatteten Antriebsrades 15 gegenüber der ersten Nockenwelle 10 zuläßt.

Konzentrisch innerhalb des hohlyndrisch ausgebildeten Antriebsrades 15 ist ein Stellbolzen 30 angeordnet. Dieser Stellbolzen 30 erstreckt sich bis in eine Aussparung 22 der zweiten Nockenwelle 20. Die Wand dieser Aussparung 22, die an der Stirnseite der zweiten Nockenwelle 20 beginnt und sich in Richtung der Wellenlängsachse 14 erstreckt, ist bereichsweise schrägverzahnt (Bezugsziffer 23). Eine Schrägverzahnung 32 gleicher Steigung befindet sich auf dem in die Aussparung 22 hineinragenden Teilbereich des Stellbolzens 30.

An diesen zweiten schräg verzahnten Teilabschnitt 32 des Stellbolzens 30 schließt sich ein längsverzahnter Teilabschnitt 33 an. Mit diesem längsverzahnten Teilabschnitt 33 liegt der Stellbolzen 30 im Inneren des Stirnteiles 10a der Nockenwelle 10. Dabei wirkt die Längsverzahnung 33 des Stellbolzens 30 mit einer Längsverzahnung 17 zusammen, die aus der Wand der notwendigerweise in diesem Bereich hohl ausgebildeten ersten Nockenwelle 10 bzw. aus der Innenwand des Stirnteiles 10a herausgearbeitet ist.

An den längsverzahnten Teilabschnitt 33 des Stellbolzens 30 schließt sich ein erster schrägverzahnter Teilabschnitt 31 an, der innerhalb des ebenfalls mit einer Schrägverzahnung 18 versehenen Nockenwellen-Antriebsrades 15 liegt.

Wird somit der Stellbolzen 30 auf nicht gezeigte Weise gemäß Pfeilrichtung 34 bewegt, so ruft dies zum einen aufgrund der Paarung der Schrägverzahnungen 31/18 gegenüber einem stillstehenden Antriebsrad 15 eine Verdrehung des Stellbolzens 30 hervor, die über die Paarung der Längsverzahnungen 33/17 auf die erste Nockenwelle 10 im Verhältnis 1 : 1 übertragen wird und

somit beispielsweise eine Vergrößerung der Spreizung s bewirkt. Wegen der zweiten Schrägverzahnungs-Paarung 32/23 wird gleichzeitig die zweite Nockenwelle 20 gegenüber dem Antriebsrad 15 verstärkt verdreht, so daß — wie erwünscht und im Zusammenhang mit den Fig. 1a, 1b erläutert — der Phasenwinkel p zwischen dem zweiten Nocken 12 sowie dem ersten Nocken 11 vergrößert wird.

Durch Anpassung der Steigung der einzelnen Schrägverzahnungen bzw. Schrägverzahnungs-Paarung 18/31 bzw. 23/32 kann somit festgelegt werden, in welchem Maße sich bei einer definierten Verschiebung des Stellbolzens 30 gemäß Pfeilrichtung 34 die Phasenlage/Spreizung s gemeinsam mit dem Phasenwinkel p verändert. Wie eingangs erwähnt, läßt sich hiermit die Ladungswechseldynamik einer mit einer erfundungsgemäßen Nockenwelle inklusive Stellorgan bzw. Stellbolzen 30 ausgestatteten Brennkraftmaschine optimal auf die jeweiligen Erfordernisse hin anpassen. Des Weiteren liegt ein optimaler Kraftfluß vor, da zwischen der äußeren ersten Nockenwelle 10 sowie dem Stellbolzen 30 eine Längsverzahnungs-Paarung 17/33 vorgesehen ist. Ferner wird die Dauerhaltbarkeit der zweiten Nockenwelle 20 in Verbindung mit ihren Nocken 12, 12' dadurch gesteigert, daß diese zweite Nockenwelle 20 als Vollwelle ausgebildet ist. Jedoch sind eine Vielzahl von Abwandlungen von diesem gezeigten Ausführungsbeispiel möglich, die weiterhin unter den Inhalten der Patentansprüche fallen. Insbesondere kann dabei beispielsweise der erste Nocken 11 ein Einlaßventil und der zweite Nocken 12 ein Auslaßventil betätigen. Auch hiermit ist durch gleichzeitige Änderung von Phasenlage und Phasenwinkel für beide Nocken ein verbesserter Ladungswechsel erzielbar.

5

## Patentansprüche

35

1. Hubkolben-Brennkraftmaschine mit zumindest zwei insbesondere parallel wirkenden Gaswechsel-Ventilen (Ventilerhebungskurven 1, 2) je Zylinder, die von relativ zueinander verstellbaren Nocken (11, 12) betätigt werden, dadurch gekennzeichnet, daß neben dem Phasenwinkel (p) zwischen den Nocken (11, 12 bzw. 1, 2) auch die Phasenlage (Spreizung s) zwischen sämtlichen insbesondere parallel wirkenden Nocken (11, 12 bzw. 1, 2) sowie der mit dem Hubkolben zusammenwirkenden Kurbelwelle veränderbar ist.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 mit einem Stellorgan zur Veränderung des Phasenwinkels (p) zwischen den Nocken, dadurch gekennzeichnet, daß sich bei Betätigung dieses Stellorganes gleichzeitig die Phasenlage (s) zwischen den insbesondere parallel wirkenden Nocken sowie der Kurbelwelle verändert.

55

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, wobei die insbesondere parallel wirkenden Nocken (11, 12) auf verschiedenen Nockenwellen (10, 20) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellorgan als in Wellenlängsrichtung (Pfeilrichtung 34) verschiebbarer Stellbolzen (30) ausgebildet ist, der über Schrägverzahnungen (31, 32) mit zumindest einer der Nockenwellen (20) sowie zumindest einem Nockenwellen-Antriebsrad (15) in Verbindung steht.

65

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, wobei die insbesondere parallel wirkenden Nocken auf verschiedenen Nockenwellen angeordnet sind, da-

durch gekennzeichnet, daß das Stellorgan als in Wellenlängsrichtung verschiebbarer Stellbolzen ausgebildet ist, der mit einem Nockenwellen-Antriebsrad sowie über Schrägverzahnungen unterschiedlicher Steigung mit den Nockenwellen in Verbindung steht.

5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Nockenwellen (10, 20) der insbesondere parallel wirkenden Nocken (11, 12) konzentrisch zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellbolzen (30) und das Nockenwellen-Antriebsrad (15) konzentrisch zu den Nockenwellen (10, 20) angeordnet sind.

6. Brennkraftmaschine nach einem der vorangegangenen Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:

- die zweite Nockenwelle (20) liegt innerhalb der ersten Nockenwelle (10)

- die zweite Nockenwelle (20) weist stirnseitig eine sich in Wellenlängsrichtung (14) erstreckende Aussparung (22) auf, deren Wand bereichsweise schrägverzahnt (23) ist

- in die Aussparung (22) ragt der Stellbolzen (30) mit seinem zweiten schrägverzahnten Teilabschnitt (32) hinein

- an den zweiten schrägverzahnten Teilabschnitt (32) des Stellbolzens (30) schließt sich ein längsverzahnter Teilabschnitt (33) an, der innerhalb der in diesem Abschnitt ebenfalls eine Längsverzahnung (17) aufweisenden ersten Nockenwelle (10) liegt,

- an den längsverzahnten Teilabschnitt (33) des Stellbolzens (30) schließt sich ein erster schrägverzahnter Teilabschnitt (31) an, der innerhalb des ebenfalls mit einer Schrägverzahnung (18) versehenen, stirnseitig drehbar mit der ersten Nockenwelle (10) verbundenen Nockenwellen-Antriebsrades (15) liegt,

- die innere Nockenwelle (20) ist eine Vollwelle, an der die Nocken (12, 12') über einen durchgehenden Bolzen (21) befestigt sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

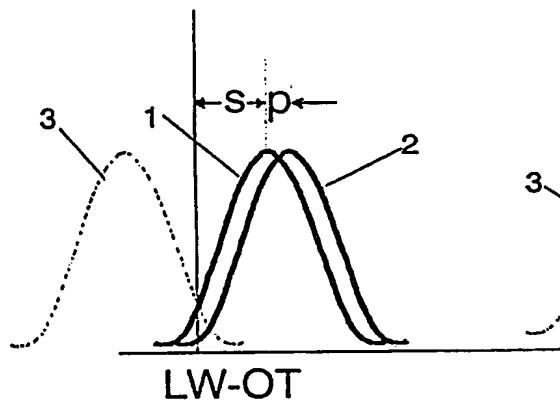


Fig. 1a

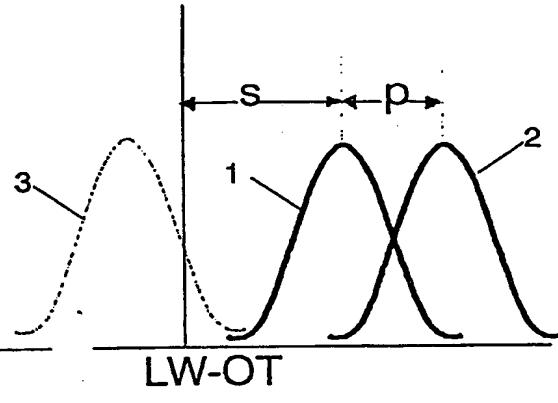


Fig. 1b

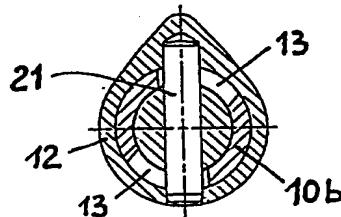


Fig. 2b

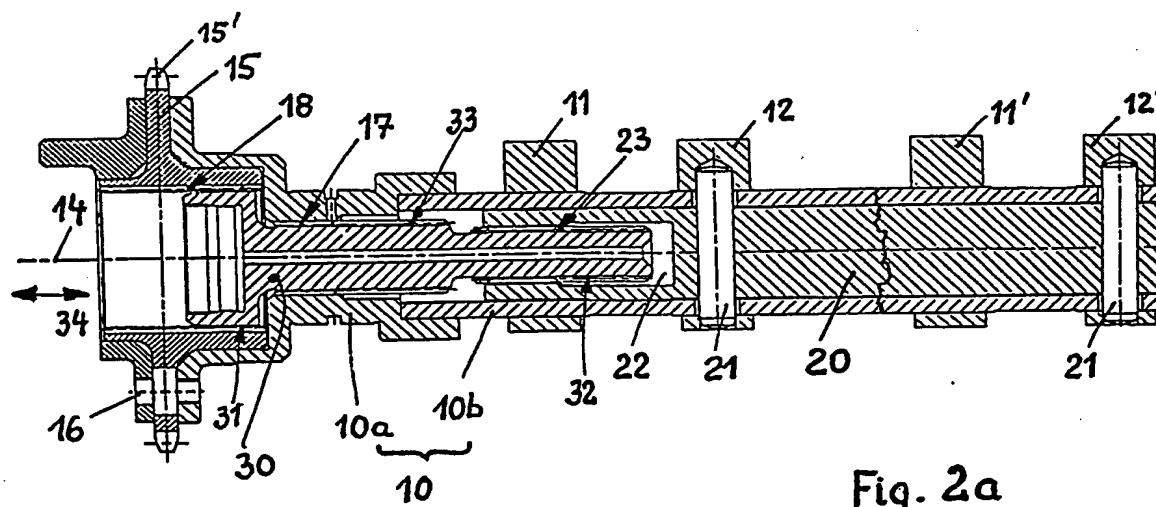


Fig. 2a